

Aplicaciones prácticas de la genómica en las fincas



**Humberto Guáqueta Munar. Médico Veterinario. PhD
Ciencias y Salud Animal.**

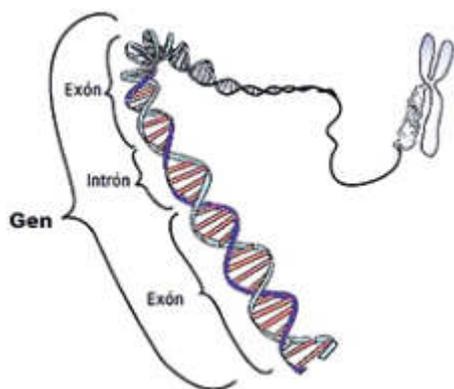
**Grupo de Investigación en Reproducción Animal y Salud del Hato
Universidad Nacional de Colombia**

Recientemente se ha venido incrementando el uso de algunos términos que tienen que ver con los programas de mejoramiento genético, y particularmente de las ventajas y usos que podrían tener herramientas como la genómica a nivel de finca.

Para comenzar es importante recordar algunas definiciones que sirven de base para entender las diferencias y aplicaciones de cada una de estas disciplinas en el área de la producción y reproducción de los bovinos.

La *genética* es la rama de la biología que se encarga de estudiar las características o rasgos que se transmiten de padres a hijos, por lo que se conocen como hereditarios. Al interior de cada una de las células de un organismo, el contenido nuclear contiene unas estructuras denominadas cromosomas, los cuales están compuestos por secuencias muy largas de cadenas de pares de bases (adenina – citosina – guanina – timina) enlazadas con un azúcar en el centro (*desoxirribosa*) conocidas

como el ADN (*ácido desoxi ribonucleico*) conformado por millones de pares de bases ordenadas a manera de escalera de caracol que interactúan para mantener su arquitectura; existen unas secuencias de pares de bases o unidades moleculares de la herencia genética que se conocen como los genes, encargados de codificar cada uno de los rasgos de un individuo. Cada uno de los genes, están ubicados dentro de los cromosomas en unas posiciones determinadas y específicas que se conocen



como “locus” y el estudio de todas estas estructuras es lo que se conoce como *genómica*.

Desde hace muchos años la ciencia ha mostrado interés particular en “desenrollar” esas cadenas de pares de bases para establecer la secuencia completa de las mismas, en cada especie; lo que se conoce como el “*genoma*” o el mapa genómico del individuo y así saber en qué posición se encuentran los segmentos que codifican cada característica.

Todos los organismos y seres vivos poseen un número diferente de cromosomas, y a manera de información comparativa podemos ver los de algunas especies:

Especie	# cromosomas
Humanos	46
Chimpancé	48
Caninos	78
Bovinos	60
Ovinos	54
Caprinos	42
Equinos	60

Uno de estos pares corresponde a los cromosomas sexuales conocidos como el cromosoma X y el cromosoma Y; por lo que en caso del sexo femenino este par será XX mientras que en el sexo masculino será XY.

También es importante mencionar que la influencia de la *genética* corresponde solamente al 30% sobre la producción de un individuo, ya que el 70% restante está dado por factores medio ambientales, entre

los cuales la nutrición, manejo, sanidad, etc. Y es por eso que en el caso de animales clonados (*copias genéticas idénticas de un individuo*) se pueden dar diferentes niveles de desempeño, de acuerdo con los factores que hayan influenciado la expresión de sus genes, lo cual ha llevado a dar origen a un campo emergente de la ciencia que es la epigenética.

Parámetros del mejoramiento genético

Cuando se habla de *mejoramiento genético*, existen tres parámetros que condicionan la velocidad del proceso y que vale la pena tener muy en cuenta para nuestros programas:

Heredabilidad:

El primero de ellos es la heredabilidad de la característica que se desea mejorar, existiendo caracteres de alta, mediana y baja heredabilidad; entre más alta sea, más rápido será el cambio que se pueda apreciar en su descendencia. Este es un valor fijo que no podemos cambiar.

Intervalo generacional:

El segundo es el intervalo generacional, que también es un valor fijo, que no podemos alterar en los

bovinos, y que en el mejor de los casos podría llegar a ser de 4 a 5 años.

Calidad de los padres:

El tercero es la calidad de los padres, que se convierte en nuestra principal herramienta pues es el único que podemos cambiar, seleccionando los mejores progenitores que nos permita el presupuesto y el conocimiento de acuerdo con la raza en la que se está trabajando y desarrollando el programa. Es lo que denominamos “*presión de selección*”.

Una de los principios básicos para poder establecer la calidad de los padres es la evaluación lineal y clasificación por tipo, lo cual nos permite establecer las debilidades y fortalezas de nuestras vacas al compararlas con la “*vaca ideal*” de la raza, y adicionalmente permitirá seleccionar el mejor toro disponible para corregir esas debilidades.

La selección de los toros, se puede realizar de manera tradicional por medio de las *pruebas de progenie*, que consisten en evaluar las características de su descendencia tanto en conformación como en producción para ubicarlas dentro de un rango, en una población contemporánea. Para realizar una *prueba de progenie* es necesario partir de la recolección



de una gran información relacionada con el control lechero, control de crecimiento y control de conformación de las hijas de cada reproductor; posteriormente toda esa información es procesada y analizada por una cooperativa de inseminación artificial o la misma Interbull, quienes al final van a seleccionar los mejores progenitores en cada proceso, que en el mejor de los casos podría demorar 4,5 años.

Por otro lado, la industria de la inseminación artificial ha venido incrementando el uso de las pruebas genómicas, que acortan y simplifican de manera muy significativa los procesos de evaluación de los futuros reproductores, pues desde el mismo momento del nacimiento se puede coleccionar y analizar la muestra para determinar si va a mejorar o no las características que sean de interés para cada productor de acuerdo con la raza.

La *genómica* entonces la podemos definir como aquella disciplina que se encarga de realizar la secuenciación completa del ADN de un individuo, en este caso de los bovinos,

Muestra	2008	2010	2018	2008	2010	2018
	%	%	%	N	N	N
Oreja	0	<1	81	0	100	579,255
Pelo	0	82	14	0	22,550	102,229
Sangre	10	5	2	623	1,375	14,656
Embriones	0	0	1	0	0	6,188
Hisopo nasal	0	12	<1	0	3,300	656
Semen	90	<1	<1	5,285	200	319
Desconocida	0	0	2	0	0	17,048

analizando el genoma completo del mismo por medio del mapeo genético, permitiendo establecer los patrones de transmisión que tiene ese animal (*genetic breeding value*).

Un programa de selección genómica, para ser confiable necesita un gran número de muestras de ADN de la mayor cantidad de individuos dentro de la raza, para poder enriquecer la base de datos y de esta manera incrementar la confiabilidad o repetibilidad de la información. Adicionalmente requiere un buen

control de la información y mucha responsabilidad con la toma de las muestras, por lo que deben existir profesionales responsables y serios que coleccionen y aseguren la cadena de custodia de las muestras. Posteriormente se necesita de unos programas y metodología estadística que pueda convertir los datos en predicciones confiables y finalmente requiere ganaderos comprometidos y convencidos en que las predicciones funcionarán.

Pruebas genómicas

Las pruebas genómicas iniciaron en bovinos desde el 2008 y 2009, y durante la última década se ha evidenciado un progreso notorio en la estabilidad y confiabilidad de las predicciones, así como el aumento del número de variables probadas (*inicialmente se trabajó con los rasgos de tipo, producción y conformación; y ahora se están involucrando muchos otros con respecto a salud, eficiencia productiva y longevidad*), lo cual ha permitido mostrar un creciente número de animales genotificados alrededor del mundo lo que al final lleva a un progreso genético sustancial en todo tipo de explotaciones ganaderas de avanzada que ya la están utilizando.

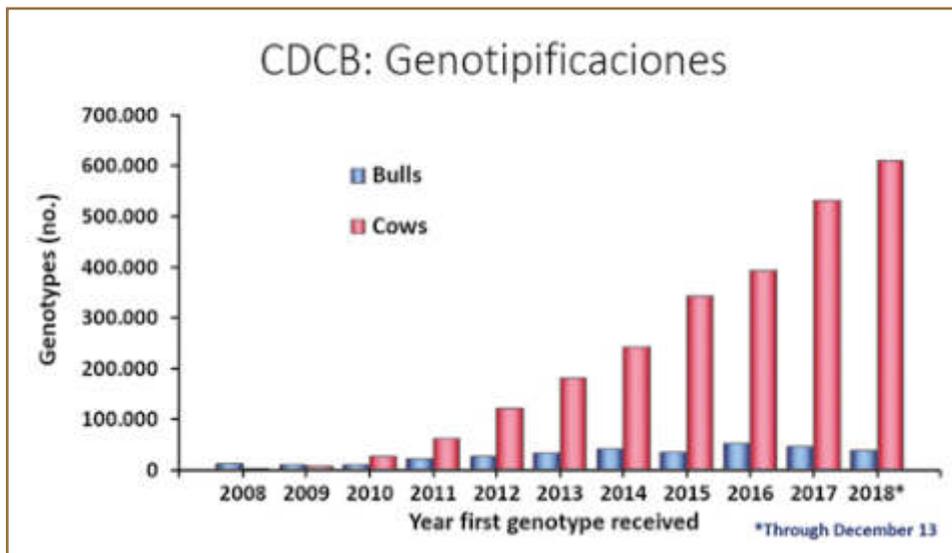
La entidad reguladora de todas las evaluaciones genómicas es el Consejo de Criadores de Ganado de los Estados Unidos, que por sus siglas en



inglés aparece en la web como CDCB (*Council on Dairy Cattle Breeding*), y es el ente encargado de procesar y analizar todos estos datos, así como de generar la información pertinente.

Inicialmente (año 2008) las muestras que se colectaban para las pruebas genómicas correspondían a semen de los toros, y casi exclusivamente a los machos; a partir del 2010 se empiezan a tomar muestras de cartilago de oreja, en menor proporción, pero la mayoría fueron analizadas a partir de foliculos pilosos; y en el 2018 se ha cambiado esa proporción y en la actualidad más del 80% de las muestras analizadas corresponden a biopsias del cartilago de la oreja del animal, como se puede apreciar en la siguiente tabla, adaptada de *Cole et al., 2019*. Por tal motivo existen ahora en el mercado varias empresas que están fabricando orejeras o chapetas especiales que permiten tomar la biopsia desde el mismo momento en que se identifica el animal.

Inicialmente, y cuando se empezaron a realizar las pruebas genómicas en el año 2008, la totalidad de los individuos analizados fueron machos; a partir del 2009 se empiezan a probar algunas hembras y, en el 2010 se invierte la proporción, mostrando como en el pasado reciente se han evaluado mucho más hembras que machos, como lo muestra la figura:



También es importante conocer la manera en que se ha venido popularizando esta herramienta a nivel mundial y algunas cifras con respecto al número de animales a los que se realiza la *prueba genómica*, en varios países a nivel mundial, mostrando cambios muy importantes e incrementos significativos en todas las latitudes

Mientras que a finales del 2019 se había realizado la *prueba genómica* a un total de 2'864.226 bovinos, en lo que va corrido del presente año, se han realizado ya 4'953.729 pruebas, de las cuales 4'180.271 corresponden a los animales nacidos en Norteamérica y que la llevan a posicionarse como una herramienta cada vez más consistente y popular entre los ganaderos de todos los países del mundo.

Principales usos de la genómica en ganaderías

Analicemos ahora cuáles son los usos y principales aplicaciones de la genómica en nuestras ganaderías:

Seleccionar futuros progenitores

En primer lugar y, en el caso de los machos, permite al propietario, principalmente en aquellas ganaderías destinadas a la cría de animales puros, para suplir la demanda de reproductores, e incluso en las haciendas que necesitan definir cuáles son los mejores animales para escoger

sus futuros progenitores, tomar decisiones muy tempranas y confiables respecto a la calidad genética de cada uno de los individuos para tomar la decisión con respecto al futuro del mismo ya sea para descarte, venta o reproductor.

Seleccionar futuras madres

Otra de las aplicaciones importantes y trascendentales para el futuro de la explotación ganadera es tomar decisiones acertadas con respecto a la crianza de las terneras de reemplazo, para seleccionar, a partir de la *prueba genómica*, cuáles son realmente las terneras que vale la pena criar y desarrollar como futuras madres del hato.

Seleccionar donantes de embriones

El siguiente uso que le podemos dar es con respecto a las vacas que son seleccionadas como *donantes de embriones*, permitiendo establecer cuáles son los animales que ameritan reproducir por medio de esta biotecnología reproductiva, apelando a las cifras y ponderando esos valores por encima de las cintas o trofeos que hayan podido alcanzar en alguna exposición de la raza; lo cual redundará en decisiones más acertadas con respecto a la calidad de las donantes y por supuesto de los embriones que vamos a transferir en el hato.

Finalmente podemos implementar las *pruebas genómicas* como una guía para discriminar los grupos de animales que van a ser reproducidos ya sea por medio de biotecnologías reproductivas (*FIV* o *lavado convencional de embriones*), uso de semen sexado, uso de semen convencional, uso de semen de razas cárnicas o descarte.

Alternativas para tomar las pruebas genómicas

En Colombia tenemos disponibles varios kits comerciales y algunas de las alternativas para la realización de las *pruebas genómicas* son:

CLARIFIDE®PLUS PROVEE MÁS OPORTUNIDADES PARA SALUD Y RENTABILIDAD



Compañía Productora	Nombre Prueba
Neogen	Igenity
Zoetis	Clarifide
Sexing Technologies	ST Visions

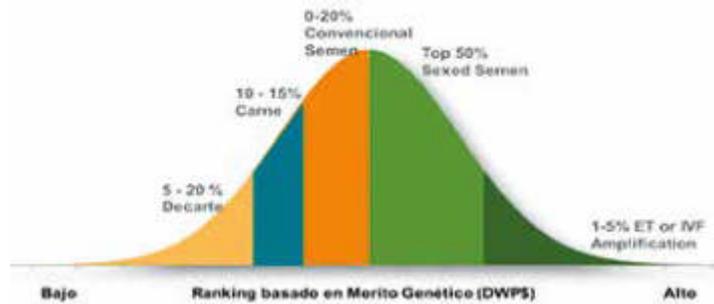
A manera de ejemplo, y en el caso del *Clarifide plus*, es posible determinar todas las características de tipo y producción, 25 marcadores de enfermedad, 3 marcadores en terneras y los 6 haplotipos disponibles para la raza Holstein (3 haplotipos en el caso de la raza Jersey), lo cual nos da una idea muy cercana de la eficiencia productiva, reproductiva y rentabilidad del animal; totalizando esta información bajo un solo concepto que se denomina "Dairy Wellness Profit" (DWP).

Otro ejemplo que ilustra de manera gráfica estos conceptos que hemos mencionado con respecto a la discriminación de los animales y la toma de decisiones de apareamiento en ganaderías de leche, es el siguiente:

A partir de la distribución normal de cualquier población, en éste hato se puede observar que el 5% de las vacas que arrojaron los valores más altos en el DWP, podrían ser utilizadas como donantes de embriones; el 50% de la población que le sigue podría ser inseminada con semen sexado, el 20% siguiente con semen convencional y a partir de ahí los animales de valores inferiores o negativos podrían ser inseminados con semen de razas cárnicas (10%) o ser descartados del hato (5%).

Así pues, la invitación es a utilizar esta poderosa herramienta como base para establecer los programas de mejoramiento genético en sus ganaderías, tomando cada vez decisiones mas consistentes y acertadas. 📌

Clasificar a los animales según los índices de selección (DWP\$) y tomar decisiones de selección



ID	DWP\$	MN\$	TPI	LECHE (Lbs)	TPH	Z_MAST	DECISION DE SELECCIÓN
8773	902	591	2606	1008	0.3	110	Donante
8960	868	557	2570	1533	-0.5	106	Donante
8582	788	515	2856	1041	1.5	110	Sexado (850)
8678	776	468	2473	913	-1.9	106	Sexado (850)
8674	772	401	2368	651	0	109	Sexado (850)
8675	770	480	2422	362	0.4	105	Sexado (850)
8538	770	530	2604	1024	1.5	110	Sexado (850)
8763	739	500	2471	779	0.8	103	Sexado (700)
8907	729	432	2452	1593	-0.6	105	Sexado (700)
8985	721	488	2568	1221	-0.3	102	Sexado (700)
8949	717	533	2604	1131	0.3	103	Sexado (700)
8589	716	427	2398	705	-0.6	104	Sexado (700)
9093	663	485	2548	1692	-2	100	Convencional
8893	660	416	2383	811	-1.2	105	Convencional
8549	659	455	2479	1471	0.9	105	Convencional
8902	656	509	2576	1151	-0.8	94	Receptora
8703	656	425	2456	820	-0.2	103	Receptora
8853	115	263	2270	1450	-2	89	Semen Carne
8659	114	142	2028	723	-1.5	94	Semen Carne
8981	107	308	2369	926	-1.5	91	Semen Carne
8890	100	295	2320	1360	-2.5	94	Semen Carne
9025	-1	87	2063	879	-0.7	93	Descarte
8583	-4	104	2120	121	1	93	Descarte
8891	-40	209	2203	1487	-1.5	90	Descarte
9073	-63	85	1975	112	-0.8	92	Descarte
8507	-107	81	2044	-24	-1.7	91	Descarte